

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

WEST

Generate Collection

Print

L36: Entry 15 of 38

File: DWPI

Nov 12, 1993

DERWENT-ACC-NO: 1993-397701
DERWENT-WEEK: 199350
COPYRIGHT 2002 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Small pressure sensor having high pressure resistance - comprises diaphragm of thin diamond film, strain gauge on diaphragm and supporting substrate

PATENT-ASSIGNEE: NEC CORP (NIDE)

PRIORITY-DATA: 1992JP-0121038 (April 16, 1992)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 05296864 A	November 12, 1993		004	G01L009/04

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DATE	APPL-NO	DESCRIPTOR
JP05296864A	April 16, 1992	1992JP-0121038	

INT-CL (IPC): C30B 29/04; G01L 9/04; H01L 29/84

ABSTRACTED-PUB-NO: JP05296864A

BASIC-ABSTRACT:

A pressure sensor comprises a diaphragm, a strain gauge (3) on the diaphragm and a supporting substrate (1). The diaphragm is made of a thin diamond film (2). Internal stress of the diamond thin film is pref. a tensile stress of 10-50 MPa. A diamond thin film (2) and a strain gauge (3) are formed on a Si substrate (1). Part of the silicon substrate is removed from the back side to form a diaphragm. A diamond film (2) is used as mask for forming the diaphragm.

USE/ADVANTAGE - A small pressure sensor of high pressure resistance is provided. A diaphragm having little fluctuation in the shape between products can be steadily produced.

ABSTRACTED-PUB-NO: JP05296864A

EQUIVALENT-ABSTRACTS:

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/3

DERWENT-CLASS: J04 L03 U11 U12
CPI-CODES: J04-C02; L02-F05; L03-D04D;
EPI-CODES: U11-C18C; U12-B03E;

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The pressure sensor to which a diaphragm is characterized by the bird clapper from a diamond thin film in the pressure sensor which consists of a diaphragm, a strain gage formed on this diaphragm, and a substrate which supports these.

[Claim 2] The pressure sensor according to claim 1 whose internal stress of a diamond thin film is a tensile stress of the range of 10-50MPa.

[Claim 3] The manufacture method of the pressure sensor characterized by using a diamond film as a mask at the time of forming a diaphragm in the manufacture method of a pressure sensor which consists of removing a part of aforementioned silicon substrate from a rear face, and forming a diaphragm after forming a diamond thin film and a strain gage one by one on a silicon substrate.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention -- small -- high -- it is related with a pressure sensor [****] and its manufacture method

[0002]

[Description of the Prior Art] In fields, such as automobile electronics, an industrial instrumentation, household electric appliances, and medicine, the large-scale systematization which carried the microcomputer is progressing with progress of an electron device now. The performance which are high degree of accuracy, small, and a low price, and can be easily connected to a digital disposal circuit is demanded of the sensor which serves as an eye of digital disposal circuits, such as a microcomputer, and serves as an ear in such movement. Among these, about the miniaturization, if the tactile sensor used for an industrial robot is taken for an example, sensing of a minute field called 0.1mm angle is needed. An elastic formula pressure sensor consists of an elastic-deformation element which bends and changes into an amount or a variation rate the force produced with a pressure, and a circuit element which changes the amount of deflections, or deformation into an electrical signal. There are a diaphragm, a ** rose, the Bourdon tube, etc. in an elastic-deformation element, and it is chosen by the performance of the measuring pressure force range, dynamic-response nature, and an electrical signal sensing element, the detection method, etc. Among these, a diaphragm sensor is easy to miniaturize and fits pressure detection of a minute field. Although there are a wave diaphragm and a monotonous diaphragm in the kind of diaphragm, the direction of a monotonous diaphragm is easy structure and can make a manufacturing cost cheap. Now, in the pressure sensor which used silicon as the diaphragm, the size about 2mm angle is possible. This sensor prepares the mask material for forming a diaphragm in the rear face of a silicon substrate beforehand, and after forming a circuit element on the surface of silicon, it is produced by *****ing silicon on the back with a potassium hydroxide solution etc.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The amount delta of the maximum displacement of a monotonous diaphragm is expressed with the following formulas 1 when a diaphragm is a disk.

[0004]

[Equation 1]

$\Delta/P (1+0.58\delta^2/h^2) = 3 / 16 * (1-\nu^2) / E * a^4 / h^3$ [0005] The pressure P: Applied here, the thickness of h: diaphragm, the Poisson's ratio of ν : diaphragm, Young's modulus of E: diaphragm, a: It is the radius of a diaphragm. The value of the amount delta of the maximum displacement influences the disruptive strength of a sensor. That is, in the case of the same pressure sensor of a configuration, a disruptive strength can be enlarged, so that the amount of displacement to the applied pressure is small. Therefore, from the formula 1, it is suitable as a diaphragm material, so that Young's modulus is large and a Poisson's ratio is small. However, it was not able to be said that the silicon used conventionally had enough pressure resistance.

[0006] On the other hand, as shown in the above-mentioned formula 1, it depends for the amount of displacement of a diaphragm on the configuration of a diaphragm greatly. When manufacturing a small diaphragm sensor especially, the manufacturing technology which makes variation in the configuration of a diaphragm small as much as possible is required. Generally single crystal silicon is used for the base material of a small diaphragm sensor, the nitride or oxide film of silicon is used as a mask, and a diaphragm is formed using the anisotropic etching of silicon. Under the present circumstances, in order to enlarge an etch rate as an etching reagent, a high-concentration potassium hydroxide solution is used. Although, as for the nitride of silicon, the oxidizing [thermally] method or the spatter was mainly used about the plasma gaseous-phase chemistry grown method or the spatter, and the oxide film, since a film was amorphous and an opening existed in a film also in any, the problem was in the chemical stability to an etching reagent, and there was a problem that configuration control of a diaphragm was difficult. this invention solves such a conventional technical problem, it is good and pressure resistance aims at offering a small pressure sensor with a high precision.

[0007]

[Means for Solving the Problem] this invention is a pressure sensor to which a diaphragm is characterized by the bird clapper from a diamond thin film in the pressure sensor which consists of a diaphragm, a strain gage formed on this diaphragm, and a substrate which supports these. Here, the internal stress of a diamond thin film makes it suitable to be the tensile stress of the range of 10-50MPa. Moreover, after the manufacture method forms a diamond thin film and a strain gage one by one on a silicon substrate, it is characterized by using a diamond film as a mask at the time of forming a diaphragm in the manufacture method of a

pressure sensor which consists of removing a part of aforementioned silicon substrate from a rear face, and forming a diaphragm. [0008]

[Function] By using a diamond thin film as a diaphragm, a disruptive strength is large and becomes possible [manufacturing a highly efficient small pressure sensor]. That is, compared with silicon, Young's modulus of a diamond is large 1 figure, and since a Poisson's ratio is also smaller than silicon, it is suitable as a diaphragm. A diamond film can be formed on a substrate by understanding the gas containing carbon, such as methane and a carbon monoxide, by pyrolysis or plasma. However, the substrate temperature in the case of membrane formation is high, compressive stress works on a film according to the coefficient-of-thermal-expansion difference of a substrate and a diamond, and when a diaphragm is formed, there is a problem which sag generates. The diamond thin film with the moderate tensile stress becomes possible by impressing direct-current bias voltage between a filament and a substrate in the heat filament method so that Japanese Patent Application No. No. 213083 three to] may see. If stress is set to 50 or more MPas, the adhesion of a diamond film and a silicon substrate will fall and ablation of a film will occur. Moreover, in the case of 10 or less MPas, membranous hauling will be inadequate, and sag will produce it slightly. Moreover, by using a stable diamond film chemically as a mask in the case of silicon-substrate etching, it becomes possible to produce the configuration of a diaphragm with a stably and sufficient precision.

[0009]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained based on a drawing. The composition of the pressure sensor of this invention is shown in drawing 1 . The single-crystal-silicon substrate 1 of a field direction (100) was used for the base material of a sensor. The diamond thin film 2 which had the tensile stress of 10-50MPa used as a diaphragm in one front face of a silicon substrate 1 is formed, and the strain gage 3 for changing a variation rate into an electrical signal is further formed in the core of a diaphragm. The metal thin film strain gage which specifically consists of iron and chromium with large resistance change to a variation rate and so-called gage factor, cobalt, molybdenum, and a tungsten was used. The diamond thin film 4 used as a mask for etching is formed in the field of another side of silicon.

[0010] Next, the manufacture method of this pressure sensor is described based on drawing 2 . The heat filament method was used for membrane formation of the diamond thin films 2 and 4. After grinding both sides of the silicon substrate of the field direction (100) where mirror-plane processing of both sides was carried out with diamond powder with a particle size of 0.1 micrometers or less, they were installed into the vacuum housing. After exhausting the inside of a vacuum housing to about 10 to 6 torrs, hydrogen 300sccm and methane 3sccm were introduced, and the pressure was held to 150torr(s). Filament temperature is made into 2100 degrees C, substrate temperature is made into 850 degrees C, and current density is 2mA [8-40 //cm] between a substrate and a filament. Direct-current bias voltage which becomes was impressed. Under these conditions, 5 micrometers of diamond thin films 2 used as a diaphragm were formed first, and 1 micrometer of diamond thin films 4 which serve as an etching mask on the membrane formation conditions as the rear face of a silicon substrate that it is next the same was formed (drawing 2 (a)). On the diamond thin film 4, it applied and patterning of the photoresist 5 was carried out (drawing 2 (b)), and reactive ion etching removed a part of diamond thin film 4 so that the configuration of a final diaphragm might serve as 1mm angle (drawing 2 (c)). Then, by the spatter, membrane formation and after carrying out patterning (drawing 2 (d)), 30% of the weight of potassium-hydroxide solution performed [the metal thin film strain gage 3] etching for the rear face of a silicon substrate 1 in the position which becomes the core of the diaphragm on the diamond thin film 2 (drawing 2 (e)). Subsequently, a pressure sensor is completed by cutting (drawing 2 (f)).

[0011] Next, the pressure to which destruction of the amount of displacement and diaphragm to a pressure takes place by the so-called blister method about the pressure sensor produced by this invention and the pressure sensor of the same composition using the conventional silicon whose thickness is 20 micrometers on 1mm square was investigated. As shown in drawing 3 , in the case of the silicon diaphragm, the result had the large pressure-displacement slope of a line, and the diaphragm destroyed [the pressure] it with two atmospheric pressure. On the other hand, even if the pressure-displacement slope of a line was small compared with silicon in the case of the diamond and it applied the pressure of 2 or more atmospheric pressure, destruction did not occur. Moreover, to the variation in the configuration of a diaphragm having been about **20%, when the silicon nitride which formed membranes by the plasma-chemistry vapor growth as an etching mask was used in manufacturing the diaphragm sensor using the diamond of the configuration shown in this example, when a diamond film is used as an etching mask, it is less than **5%, and formation of the stable diaphragm was checked.

[0012]

[Effect of the Invention] Since the pressure sensor of this invention uses the diamond film as a diaphragm as explained above, it excels in pressure resistance. Moreover, according to the manufacture method of the pressure sensor of this invention, the variation in the configuration of a diaphragm is small and can form the stable diaphragm.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-296864

(43)公開日 平成5年(1993)11月12日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 1 L 9/04	1 0 1	9009-2F		
C 3 0 B 29/04		7821-4G		
H 0 1 L 29/84	A	9278-4M		

審査請求 未請求 請求項の数3(全 4 頁)

(21)出願番号 特願平4-121038

(22)出願日 平成4年(1992)4月16日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 馬場 和宏

東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 相川 由実

東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内

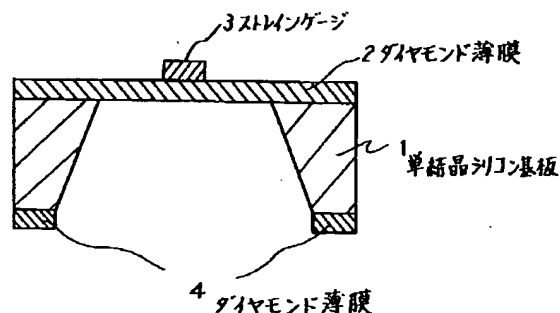
(74)代理人 弁理士 館野 千恵子

(54)【発明の名称】 圧力センサおよびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 小型で高耐圧の圧力センサおよびその製造方法を提供する。

【構成】 弾性変形素子として10～50MPaの引っ張り応力を持ったダイヤモンド薄膜ダイヤフラムを作製し、このうえに金属薄膜ストレインゲージを設けた構造とする。また、シリコン基板をエッチングする際にマスクとしてダイヤモンド薄膜を用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ダイアフラムと、該ダイアフラム上に形成したストレインゲージと、これらを支持する基板とから構成される圧力センサにおいて、ダイアフラムがダイヤモンド薄膜よりなることを特徴とする圧力センサ。

【請求項2】 ダイヤモンド薄膜の内部応力が10～50MPaの範囲の引っ張り応力である請求項1記載の圧力センサ。

【請求項3】 シリコン基板上にダイヤモンド薄膜およびストレインゲージを順次形成した後、前記シリコン基板の一部を裏面より除去してダイアフラムを形成することよりなる圧力センサの製造方法において、ダイアフラムを形成する際のマスクとしてダイヤモンド膜を用いることを特徴とする圧力センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、小型で高耐圧な圧力センサおよびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車エレクトロニクス、工業計測、家電、医療などの分野では、現在、電子デバイスの進展に伴い、マイクロコンピュータを搭載した大規模なシステム化が進んでいる。こうした動きの中で、マイクロコンピュータなどの信号処理回路の目となり耳となるセンサには、高精度、小型、低価格で、かつ信号処理回路に容易に接続できる性能が要求されている。このうち小型化については、産業用ロボットに使用される触覚センサを例にとると、0.1mm角といった微小領域のセンシングが必要となっている。弾性式圧力センサは、圧力によって生じる力をたわみ量あるいは変位に変換する弾性変形素子と、たわみ量あるいは変形量を電気信号に変換する回路素子とから構成される。弾性変形素子にはダイアフラム、ベローズ、ブルドン管などがあり、測定圧力範囲、動応答性、電気信号変換素子の性能、検出方式などにより選択される。このうちダイアフラムセンサは小型化が容易で、微小領域の圧力検出に適している。ダイアフラムの種類には波形ダイアフラムと平板ダイアフラムがあるが、平板ダイアフラムの方が構造が簡単で製造コストを安価にできる。現在、シリコンをダイアフラムとした圧力センサでは、2mm角程度の大きさが可能となっている。このセンサは、あらかじめシリコン基板の裏面にダイアフラムを形成するためのマスク材料を設けておき、シリコンの表面に回路素子を形成した後に水酸化カリウム溶液等で裏面のシリコンをエッチングすることにより作製される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】平板ダイアフラムの最大変位量 δ は、ダイアフラムが円板である場合、以下の数式1で表される。

【0004】

【数1】

$$\delta/P(1+0.58\delta^2/h^2)=3/16\pi(1-\nu^2)/E\pi a^4/h^3$$

【0005】ここで、P：加えた圧力、h：ダイアフラムの厚さ、 ν ：ダイアフラムのポアソン比、E：ダイアフラムのヤング率、a：ダイアフラムの半径である。最大変位量 δ の値はセンサの破壊強度に影響する。すなわち、同じ形状の圧力センサの場合、加えた圧力に対する変位量が小さいほど破壊強度を大きくすることができる。従って数式1から、ヤング率が大きく、ポアソン比が小さいほどダイアフラム材料として適している。しかしながら、従来用いられてきたシリコンは耐圧性が充分とはいえなかった。

【0006】一方、前述の数式1からわかるように、ダイアフラムの変位量はダイアフラムの形状に大きく依存する。特に小型のダイアフラムセンサを製造する場合、ダイアフラムの形状のバラツキを極力小さくする製造技術が必要である。一般に小型のダイアフラムセンサの支持体には単結晶シリコンが用いられ、シリコンの窒化膜ないしは酸化膜をマスクとし、シリコンの異方性エッチングを利用してダイアフラムを形成する。この際、エッチング液としてはエッチング速度を大きくするために、高濃度の水酸化カリウム溶液が用いられる。シリコンの窒化膜はおもにプラズマ気相化学成長法ないしはスパッタ法、酸化膜については熱酸化法ないしはスパッタ法が用いられるが、いずれにおいても膜はアモルファスで、膜中には空隙が存在するため、エッチング液に対する化学的安定性に問題があり、ダイアフラムの形状制御が困難であるといった問題があった。本発明はこのような従来の課題を解決して、耐圧性が良好で精度の高い小型の圧力センサを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、ダイアフラムと、該ダイアフラム上に形成したストレインゲージと、これらを支持する基板とから構成される圧力センサにおいて、ダイアフラムがダイヤモンド薄膜よりなることを特徴とする圧力センサである。ここで、ダイヤモンド薄膜の内部応力は、10～50MPaの範囲の引っ張り応力であることを好適とする。またその製造方法は、シリコン基板上にダイヤモンド薄膜およびストレインゲージを順次形成した後、前記シリコン基板の一部を裏面より除去してダイアフラムを形成することよりなる圧力センサの製造方法において、ダイアフラムを形成する際のマスクとしてダイヤモンド膜を用いることを特徴とする。

【0008】

【作用】ダイヤモンド薄膜をダイアフラムとして用いることにより、破壊強度が大きく、高性能な小型の圧力センサを製造することが可能となる。即ち、ダイヤモンドはシリコンに比べてヤング率が一桁大きく、ポアソン比もシリコンより小さいため、ダイアフラムとして適している。ダイヤモンド膜はメタンや一酸化炭素等、炭素を

3

含んだガスを熱分解ないしはプラズマ分解することにより、基板上に成膜することができる。しかしながら成膜の際の基板温度が高く、基板とダイヤモンドとの熱膨張係数差により膜には圧縮応力が働き、ダイアフラムを形成したときにたるみが発生してしまう問題がある。適度な引っ張り応力を持ったダイヤモンド薄膜は、例えば特願平3-213083号に見られるように、熱フィラメント法においてフィラメントと基板の間に直流バイアス電圧を印加することにより可能となる。応力が50MPa以上になるとダイヤモンド膜とシリコン基板との密着性が低下し、膜の剥離が発生する。また10MPa以下の場合には膜の引っ張りが不十分で、わずかながらたるみが生じてしまう。またシリコン基板エッチングの際のマスクとして化学的に安定なダイヤモンド膜を用いることにより、ダイアフラムの形状を安定に、かつ精度良く作製することが可能となる。

【0009】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。本発明の圧力センサの構成を図1に示す。センサの支持体には面方位(100)の単結晶シリコン基板1を用いた。シリコン基板1の一方の表面にはダイアフラムとなる10〜50MPaの引っ張り応力を持ったダイヤモンド薄膜2が形成され、さらにダイアフラムの中心部に、変位を電気信号に変換するためのストレインゲージ3が設けられている。具体的には、変位に対する抵抗変化、いわゆるゲージ率の大きい、鉄、クロム、コバルト、モリブデン、タングステンからなる金属薄膜ストレインゲージを用いた。シリコンの他方の面には、エッチング用マスクとして用いるダイヤモンド薄膜4が形成されている。

【0010】次に本圧力センサの製造方法について図2に基づいて述べる。ダイヤモンド薄膜2、4の成膜には熱フィラメント法を用いた。両面が鏡面処理された面方位(100)のシリコン基板の両面を、粒径0.1 μ m以下のダイヤモンド粉末で研磨した後、真空容器中に設置した。真空容器内を 10^{-6} torr程度に排気したのち、水素300sccm、メタン3sccmを導入し、圧力を150torrに保持した。フィラメント温度を2100℃、基板温度を850℃とし、基板とフィラメントとの間には電流密度が8〜40mA/cm²となるような直流バイアス電圧を印加した。これらの条件のもとで、まず、ダイアフラムとなるダイヤモンド薄膜2を5 μ m成膜し、次にシリコン基板の裏面に同様の成膜条件でエッチングマスクとなるダイヤモンド薄膜4を1 μ m成膜した(図2(a))。ダイヤモンド薄膜4の上にフォトレジスト5を塗布、パターンニングし(図2

4

(b))、最終的なダイアフラムの形状が1mm角となるように反応性イオンエッチングによりダイヤモンド薄膜4の一部を除去した(図2(c))。続いてダイヤモンド薄膜2上のダイアフラムの中心部になる位置に、金属薄膜ストレインゲージ3をスパッタ法で成膜、パターンニングしたのち(図2(d))、シリコン基板1の裏面を30重量%の水酸化カリウム水溶液によりエッチングを行った(図2(e))。次いで切断することにより圧力センサが完成する(図2(f))。

【0011】次に本発明で作製した圧力センサと、1mm角で厚みが20 μ mの従来のシリコンを用いた同様な構成の圧力センサについて、いわゆるバルジ法により圧力に対する変位量およびダイアフラムの破壊が起こる圧力を調べた。その結果は、図3に示したように、シリコンダイアフラムの場合、圧力-変位直線の傾きが大きく、圧力が2気圧でダイアフラムが破壊した。一方、ダイヤモンドの場合は、圧力-変位直線の傾きがシリコンに比べて小さく、2気圧以上の圧力を加えても破壊が起きなかった。また、本実施例に示した形状のダイヤモンドを用いたダイアフラムセンサを製造するにあたって、エッチングマスクとしてプラズマ化学気相成長法で成膜したシリコン窒化膜を用いた場合、ダイアフラムの形状のバラツキが±20%程度であったのに対し、ダイヤモンド膜をエッチングマスクとして用いた場合は±5%以内であり、安定したダイアフラムの形成が確認された。

【0012】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の圧力センサはダイヤモンド膜をダイアフラムとして用いているので、耐圧性に優れたものである。また、本発明の圧力センサの製造方法によれば、ダイアフラムの形状のバラツキが小さく、安定したダイアフラムの形成を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による圧力センサの一例の縦断面図である。

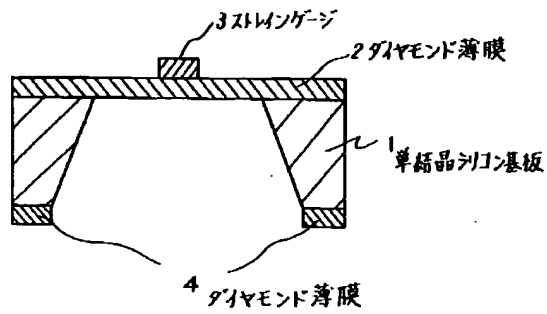
【図2】本発明による圧力センサの製造方法の工程断面図である。

【図3】本発明による圧力センサと従来例による圧力センサのバルジ法による圧力と変位量との関係の測定結果を示す図である。

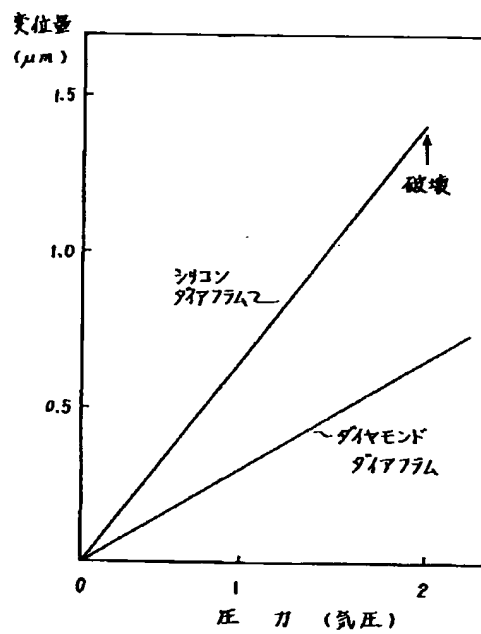
【符号の説明】

- 1 単結晶シリコン基板
- 2 ダイアフラムとなるダイヤモンド薄膜
- 3 金属薄膜ストレインゲージ
- 4 エッチングマスク用ダイヤモンド薄膜
- 5 フォトレジスト

【図1】



【図3】



【図2】

